



CERTIFICATE

I, Junji Abe of JEOL Ltd., 1-2, Musashino 3-chome, Akishima, Tokyo, Japan, hereby declare that I am the translator of the attached documents and certify that the following is a true translation to the best of my knowledge and behalf.

Junji Abe

Dated 5th day of September, 2003

TECHNOLOGY CENTER 2003

OCT 20 2003

RECEIVED



JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: November 30, 1999

Application Number: Patent Application Serial No. 1999-340569

Applicant(s): JEOL Ltd.

September 2, 2003

Commissioner,
Japan Patent Office

Yasuo Imai

RECEIVED
OCT 23 2003
TECHNOLOGY CENTER 2003



【Name of Document】 Application for Patent

【Reference Number】 19990153

【Address】 To Director-General of the Patent Office

【International Patent Classification】 H01L 21/66

【Inventor】

【Address or Abode】 1-2, Musashino 3-chome, Akishima, Tokyo
c/o JEOL Ltd.

【Name】 Toru Ishimoto

【Applicant for Patent】

【Identification Number】 000004271

【Name or Title】 JEOL Ltd.

【Representative】 Terukazu Eto

【Telephone Number】 042-542-2165

【Identification of Fee】

【Registered Number for Prepayment】 008280

【Amount of Payment】 21000

【List of Submitted Objects】

【Name of Objects】 1 Specification

【Name of Objects】 1 set of Drawings

【Name of Objects】 1 Abstract

RECEIVED
OCT 23 2003
TECHNICAL CENTER 2800



TECHNICAL
OFFICE
OCT 20 2003

【NAME OF DOCUMENT】

Specification

【TITLE OF THE INVENTION】 METHOD OF INSPECTING HOLES USING
CHARGED-PARTICLE BEAM

【SCOPE OF CLAIMS FOR PATENT】

【CLAIM 1】 A method of inspecting state of a large number of holes formed in a sample by directing a charged-particle beam to the sample and obtaining resulting signals, said method comprising the steps of:

establishing measurement regions containing holes on the sample;

directing said charged-particle beam to the measurement regions on the sample containing the holes;

detecting an electrical current flowing between each of said measurement regions on the sample and ground;

finding data about a current distribution on the sample from detected values of electrical current; and

displaying a brightness-based map on a display unit according to said found data about the current distribution.

【CLAIM 2】 The method of claim 1, wherein size and positions of said measurement regions are so set that plural holes are present within each of said measurement regions.

【CLAIM 3】 The method of claim 1, wherein the regions irradiated with said charged-particle beam are located in certain positions within periodic patterns formed on said sample.

【CLAIM 4】 The method of claim 1, wherein said charged-particle beam is scanned across each of said measurement regions, and wherein said electrical current is accumulated during scan and a resulting

value is used as a measurement value derived from each measurement region.

【CLAIM 5】 The method of claim 1, wherein said charged-particle beam is scanned across each of said measurement regions, and wherein an average value of said electrical current during the scanning period is used as a measurement value derived from each measurement region.

【CLAIM 6】 The method of claim 1, wherein each of said measurement regions is totally irradiated with said charged-particle beam for a given time in a static manner, and wherein said electrical current is accumulated during the given time and a resulting value is used as a measurement value derived from each measurement region.

【CLAIM 7】 The method of claim 1, wherein each of said measurement regions is totally irradiated with said charged-particle beam for a given time in a static manner, and wherein an average value of said electrical current is used as a measurement value derived from each measurement region.

【DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION】

【0001】

【TECHNICAL FIELD OF THE INVENTION】

The present invention relates to a method of inspecting holes such as contact holes or via holes formed during fabrication processes of semiconductor devices such as ICs and LSIs by the use of a charged-particle beam to examine how the holes are formed.

【0002】

【PRIOR ART】

A semiconductor device is fabricated by forming plural layers on a silicon wafer (silicon substrate), for example. In this multilayer structure, an insulator layer is formed between certain layers. Contact holes or via holes are formed in this insulator layer. Conductive interconnects made of a conducting material are buried in the contact holes or via holes, whereby the certain layers are electrically connected. This is detailed in further detail by taking contact holes as an example.

【0003】

Such contact holes are formed by applying a resist on the insulator film, exposing the resist by light according to a contact hole pattern, and then performing a developing step and an etching step during fabrication of the semiconductor device.

【0004】

During the formation of such contact holes, if the formed contact holes do not exactly pass through the insulator layer, if some of the resist is left behind as a film in the contact holes, or if some of the insulator film is not etched but left behind as a film, then the finally manufactured semiconductor device will malfunction and be regarded as defective.

【0005】

Therefore, after contact holes are formed, to know how the contact holes are formed is important in determining whether the subsequent process sequence should be carried out. Furthermore, the development step or etching step that is the previous process step is judged

to be good or bad, according to the results of the inspection of the state of the formed contact holes. Also, a defect analysis of the process for forming the contact holes can be performed according to the results of the inspection of the state of the formed contact holes.

【0006】

Inspection of the state of such contact holes can be carried out nondestructively by electron beam irradiation from a scanning electron microscope (SEM), for example. Specifically, the electron beam is scanned across the contact holes. A secondary electron image of the contact holes is displayed on the viewing screen of a display device according to secondary electrons detected by the scanning. A person observes the image of the contact holes. In this way, it is possible to know how the contact holes are formed. 【0007】

【PROBLEM TO BE SOLVED BY THE INVENTION】

In recent years, elements constituting semiconductor devices have shrunk and have been formed in multiple layers. With this trend, the diameters of contact holes have decreased, and their depths have increased. As a result, the aspect ratio (depth/diameter) of each contact hole has increased. Consequently, the efficiency at which secondary electrons from the hole is captured has decreased greatly. For this reason, it has become more difficult to grasp the state of the inside or bottom surface of the hole correctly. In addition, it is impossible to know whether the obtained secondary electrons emanate from the opening in the contact hole, from the

inner wall surface, or from the bottom. This hinders the inspection for examining how contact holes are formed.

【0008】

A very large number of contact holes are present over the whole surface of one silicon wafer. If contact holes were inspected one by one, an exorbitantly long time would be necessary. Therefore, the whole wafer surface is partitioned virtually into seven inspection areas. One contact hole in each inspection area is inspected as a representative one. With this inspection, however, it is not certain whether results of the inspection of the contact hole represent the state of many etched or developed contact holes existing near the inspected contact hole. Furthermore, where only the results of inspections of a relatively small number of contact holes, or 7 holes, as described above are used, it is difficult to appropriately judge whether the development step or etching step that is a previous process step is good or not.

【0009】

The present invention has been made to solve the foregoing problems. It is an object of the present invention to provide a novel method for inspecting contact holes using a charged-particle beam to permit one to examine how the contact holes are formed.

【0010】

【MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS】

A method of inspecting holes using a charged-particle beam in accordance with the teachings of the invention starts with irradiating a sample substrate provided with numerous holes with

a charged-particle beam. The state of the holes is inspected, based on a signal obtained by the irradiation of the beam. The charged-particle beam is directed to each inspection region containing holes on the sample substrate. An electrical current flowing between the sample substrate and ground at this time is detected. This sequence of steps is repeated for previously established inspection regions on the sample substrate. In this way, data about the current distribution on the sample substrate is obtained. A map based on brightness is displayed on a display device according to the obtained data about the current distribution.

【0011】

【SUBSTANTIAL SHAPE OF THE INVENTION】

The preferred embodiments of the present invention are described with reference to the accompanying drawings as follow.

【0012】

Before describing the preferred embodiments of the present invention, the principle of the present invention is described.

【0013】

In a method of inspecting semiconductor devices in accordance with the present invention, a decision is made as to whether contact holes pass through an insulator film and reach a semiconductor substrate such as a silicon wafer. Also, a decision is made as to whether the contact holes reach the substrate with a uniform diameter. These decisions are made based on results of a measurement of an absorption current flowing to the substrate through the bottoms of the contact holes. However, the absorption current

is a measured electrical current flowing to ground from a conductor line connected with the substrate and so the absorption current produces only a weak signal compared with other signals such as secondary electrons that are amplified by a detector. Also, the absorption current tends to pick up noise and shows poor response.

On the other hand, contact holes are not processed one by one. Rather, all of the many contact holes over the whole semiconductor substrate are treated by batch processing. Accordingly, the state of penetration of each contact hole depends, for example, on the intensity distribution of a plasma produced in a plasma etcher to open the contact holes and on variations in the state of the chemical reaction of a resist developing solution within the substrate. Consequently, it is quite meaningful to judge how a batch of contact holes over the whole substrate is formed rather than each individual contact hole.

【0014】

Accordingly, in the present invention, the surface of a semiconductor device in which a large number of contact holes are formed is partitioned into small regions each containing plural contact holes. These small regions are successively irradiated with a charged-particle beam. On each shot of the beam, the absorption current flowing between the substrate and ground is measured. In this way, the absorption current signal distribution over the whole substrate surface is obtained. In consequence, it is possible to know how a batch of contact holes over the whole substrate surface is formed. Preferably, the size and positions of the small

regions are so selected that plural contact holes are present within each small region. Where each small region having plural or numerous contact holes in this way is irradiated with the charged-particle beam and the resulting absorption current is measured, the resulting signal is greater than where there is only one contact hole. Hence, noise and response speed problems are mitigated. If only one contact hole is contained within a small region, and if this contact hole is formed distinctively differently from many adjacent contact holes, it is not desirable to represent the state of the adjacent numerous contact holes by the results of measurement of the single contact hole. In contrast, in the method in accordance with the invention, the electron beam is scanned across plural contact holes in each small region. The results represent average holes. If a special hole is contained in them, its effects can be mitigated greatly. Preferably, the results of measurement represent the state of the surrounding contact holes formed in the region.

【0015】

Fig. 1 schematically shows an inspection apparatus for carrying out a method of inspecting semiconductor devices in accordance with the invention.

【0016】

The apparatus has an electron gun 1 that produces an electron beam which is appropriately focused onto a sample 4 such a wafer by a system of condenser lenses 2 and an objective lens 3. An X-direction deflection coil 5X and a Y-direction deflection coil

5Y scan the electron beam across the sample. This sample 4 is placed on a sample stage 7 that is controllably moved by a stage drive mechanism 6. Lens control circuits 8 and 9 control the excitation strengths of the system of condenser lenses 2 and the objective lens 3, respectively. A deflection control circuit 10 supplies deflection signals to the deflection coils 5X and 5Y. A control unit 15, which issues various instructions and performs various kinds of data processing, sends a Stage-Move instruction, a Lens Control instruction, and a Deflection Control instruction to the stage drive mechanism 6, the lens control circuits 8, 9, and the deflection control circuit 10, respectively, via D/A converters 11, 12, 13, 14, respectively.

【0017】

A current amplifier 16 detects and amplifies the current (absorption current) flowing through the sample 4. The output from the current amplifier is sent to the control unit 15 via an A/D converter 17. Also shown are a memory 18 and a display unit 19 such as a cathode-ray tube.

A surface of the sample has an effective area 4E on which a semiconductor chip is formed. First, absorption current measurement regions are established over the whole effective area 4E. For example, 13 vertical and 13 horizontal virtual grid lines that vertically intersect each other are drawn on the effective area 4E at uniform spacing as shown in Fig. 2. Measurement regions are established around the intersections of the grid lines. Preferably, every measurement region has the same number of contact

holes arranged identically. Therefore, the spacing between the grid lines and their positions are so set that identical parts (e.g., rectangular regions in the centers of chip patterns) of repeatedly formed chip patterns on the sample are located at grid points. In Fig. 2, chip patterns on which measurement regions are established are indicated by R1, R2, R3, R4, ..., R145. Each region actually irradiated with the electron beam is a small region Q measuring 0.1 mm \times 0.1 mm to 1 mm \times 1 mm, as shown in Fig. 3, taking account of a scan width of about 1 mm in which deflection distortion of the electron beam is tolerated. A certain number of contact holes are formed within this small region. In Fig. 3, indicated by Gxm, Gxn, Gym, and Gyn are grid lines. Chip pattern regions Ra, Rb, Rc, and Rd correspond to R1, R2, R3, R4, R5, ..., R145 described above. Each small region Q is irradiated with the electron beam in the manner described below.

【0018】

Exciting signals from the lens control circuits 8 and 9 control the excitation of the system of condenser lenses 2 and the objective lens 3, respectively. In this way, the degree of focusing of the electron beam is adjusted such that the beam is sharply focused onto the sample. The sample stage is moved in steps such that the center of each small region Q within the regions R1, R2, R3, R4, R5, ..., R145 is brought to the center of the optical axis of the electron beam (the scanning center of the electron beam) in turn. When each small region Q is at rest in the center position of the electron beam, the whole surface of each small region Q

is scanned once or more with the sharply focused electron beam. In this example, the electron beam is focused sharply and scanned across each small region Q. Alternatively, the cross-sectional size of the electron beam may be made to correspond to the size of each small region Q on the sample, and each small region may be irradiated with the beam for a given time in a static manner.

【0019】

When each small region Q is being scanned with the electron beam, the absorption current flowing through the sample 4 is amplified by the current amplifier 16 and integrated over the scanning period. The absorption current detected and integrated in this way contains information indicating averagely how the plural contact holes have been formed within the small region Q.

【0020】

If resist is left behind within the contact hole or unetched insulator film remains, and if the left resist or film is irradiated with the electron beam, charge effects will be produced. However, the charge effects are not large enough that detection of the absorption current is made impossible. However, for other cause (i.e., charge effects produced when the electron beam hits other than contact holes), measurement of the absorption current may be made infeasible. Accordingly, when the sample 4 is irradiated with the electron beam, secondary electrons emanating from the sample 4 can be detected by a normally mounted secondary electron detector (not shown). A secondary electron image may be displayed on a display unit (which may be the display unit 15 or a separate

display unit) according to the output from the secondary electron detector. The extent of the charging effects is judged from the displayed image. Finally, the probe current is determined from the results. As a result, the charging effect on the sample is minimized. Also, noise introduced to a distribution image or other image displayed on the display unit 15 as described later is reduced.

【0021】

An absorption current signal derived from each small region Q within the chip patterns R1, R2, R3, R4, R5, ..., R145 is fed to the control unit 15 via the A/D converter 17 in turn. The control unit 15 stores 145 data items about the absorption current signal derived from the small regions Q in locations of the memory 18 which are addressed corresponding to the coordinates (positions) of the small regions.

【0022】

Then, the control unit 15 reads the 145 data items about the intensities of the absorption current from the memory 18, the data items having been obtained from the whole surface of the sample. The control unit 15 displays a map of absorption current intensities on the viewing screen of the display unit 19 according to the data items read out. As an example of the map display, absorption current intensities are classified into four intensity ranges. Four brightness values or four different colors are assigned to the four intensity ranges, respectively. A grid consisting of 13×13 grid lines, for example, is displayed on the viewing screen. A dot having a size determined taking account of the grid

line spacing is displayed in each grid point. The brightness value or color of this dot is set according to the intensity range to which the absorption current intensity arising from this grid point belongs. In consequence, the distribution of the absorption current intensities derived from the whole wafer surface is displayed by 145 dots. This would inevitably provide a rough image quality, since only 145 dots are used to represent the grid points. If displayed points are added among the 145 dots by an interpolation technique or other technique, then a finer map can be displayed. Fig. 4 shows an example of such a display. Data about many points among the grid points are found by an interpolation technique using the above-described data. The results are displayed as shown in Fig. 4, where the distribution of the absorption current intensities obtained from the whole wafer sample are displayed on the viewing screen of the display unit 19 in terms of 4 brightness values or 4 different colors. This display method is known as contour representation.

In this way, in the present invention, the whole effective surface of a sample such as a wafer is partitioned into plural small regions each containing plural contact holes, and the small regions are successively illuminated with an electron beam to measure absorption current values. Thus, the distribution of absorption current values derived from the whole sample is obtained. Consequently, it is assured that one can judge how the contact holes over the whole sample or contact holes in a part of the sample are etched or developed.

【0024】

By displaying the distribution of absorption current values arising from the whole sample in terms of a contour map, the differences among various portions of a sample in tendency to be processed become apparent. Hence, a decision as to whether a development step or an etching step that is a previous process step has been performed well can be made appropriately. Furthermore, this contour representation is helpful in judging which contact hole portions should be subjected to defect analysis.

【0025】

In the embodiment described above, one small region around an intersection of grid lines within a chip pattern is illuminated with an electron beam, and the absorption current is measured. Alternatively, plural small regions may be illuminated with the electron beam, and the absorption current may be measured.

【0026】

Where each small region Q is scanned plural times, an integral value is obtained from these plural scans. An average value may be obtained from the integral value. This average value may be used as a measurement value derived from the small region.

【0027】

Furthermore, in the above embodiment, when locations at which absorption current is measured are established on the effective area on a sample surface, 13 vertical and 13 horizontal grid lines that intersect each other perpendicularly are virtually drawn on the sample surface. The number of the grid lines is not limited

to this example. If the number of the grid lines is increased and the number of the measurement regions is increased, then the accuracy of the distribution of absorption current values over the whole sample is enhanced. However, the number of measurements is increased accordingly. If the number is reduced below the above value, the accuracy of the distribution is deteriorated. However, the number of measurements is reduced accordingly.

【0028】

In addition, in the above embodiment, the absorption current values derived from measurement points are classified into different ranges to which different brightness values or different colors are assigned. Thus, the distribution of the absorption current values arising from the whole sample is displayed. Alternatively, the standard deviation at each measurement point may be found based on data derived from all the measurement points. The standard deviation values may be classified into different ranges to which different brightness values or different colors are assigned. In this way, the distribution of absorption current values based on standard deviations may be displayed.

【0029】

The control unit 15 has been previously set at threshold values for the classification. The control unit 15 may also be set at other threshold value. The control unit regards absorption current values which are obtained by measurements or calculations and less than the latter threshold value as abnormal absorption values. Those portions (hereinafter referred to as abnormal portions)

of the brightness distribution displayed on the viewing screen of the display unit 15 which are attributed to these abnormal absorption values may be displayed in a form distinguishable from the other portions. For example, these abnormal portions may be displayed in different color or blinked on and off. In the case of color map representation, the abnormal portions may be displayed in a color different from other colors or may be blanked. At this time, the standard deviation of absorption current values measured from each small region may be found, and those standard deviations which are in excess of a threshold value different from the threshold values used for classification may be regarded as abnormal.

【0030】

Further, in the above embodiment, the sample is irradiated with an electron beam. Instead, an ion beam may be used.

【BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS】

【FIGURE 1】 Fig. 1 is a block diagram of an inspection apparatus for implementing a method of inspecting semiconductor devices in accordance with the present invention.

【FIGURE 2】 Fig. 2 is a plan view of absorption current measurement regions on an effective area on a sample surface such as a wafer.

【FIGURE 3】 Fig. 3 is an enlarged view of a part of Fig. 2.

【FIGURE 4】 Fig. 4 is a contour map-like graphical representation of the absorption current distribution over the whole sample provided on the viewing screen of a display device 19 shown in Fig. 1.

【LEGENDS】

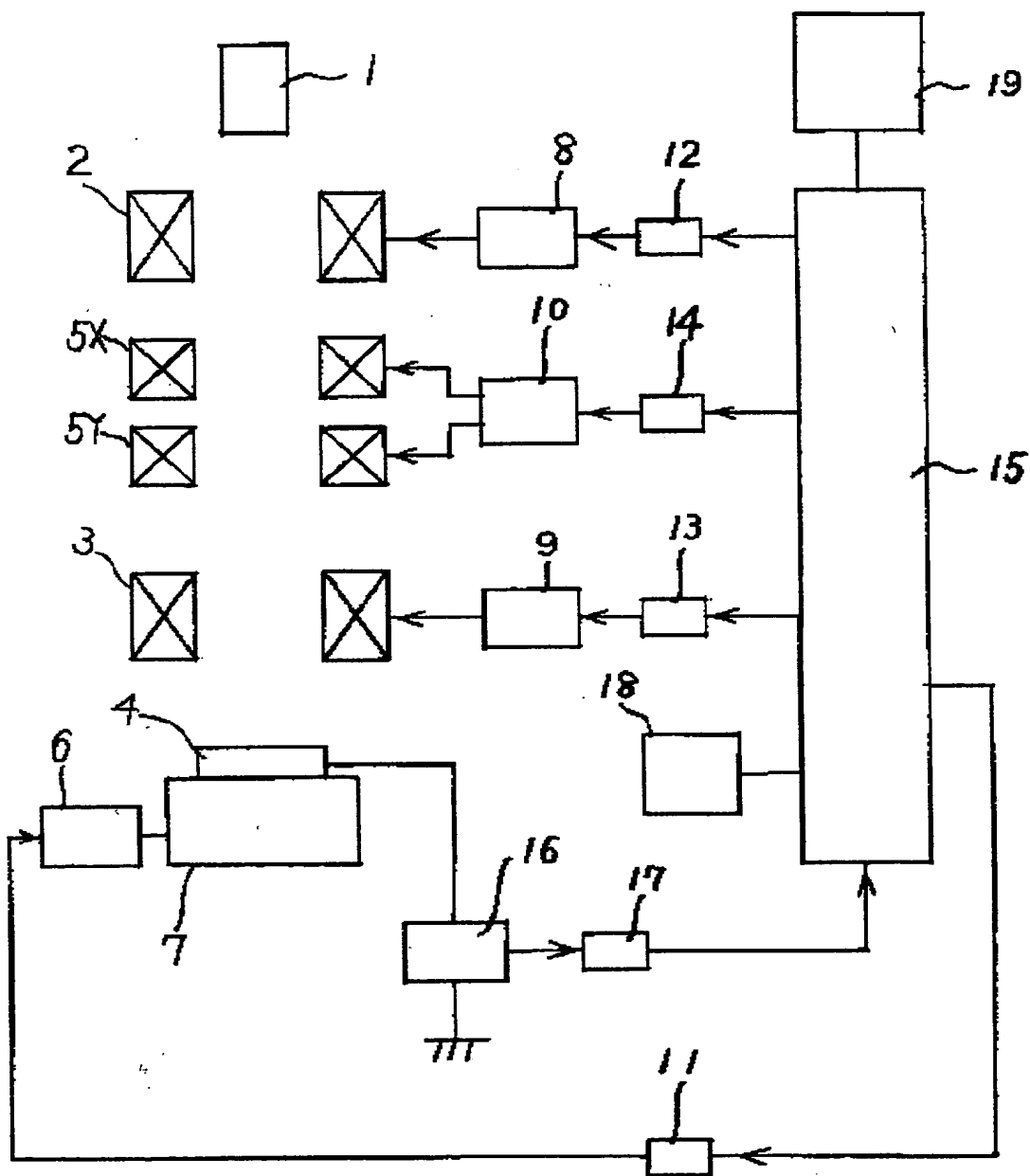
1...electron gun
2...condenser lens
3...objective lens
4...sample
5X, 5Y...deflection coils
6...stage drive mechanism
7...stage
8,9...lens control circuits
10...deflection control circuit
11,12,13,14...D/A converters
15...control unit
16...current amplifier
17...A/D converter
18...memory
19...cathode-ray tube



【NAME OF DOCUMENT】

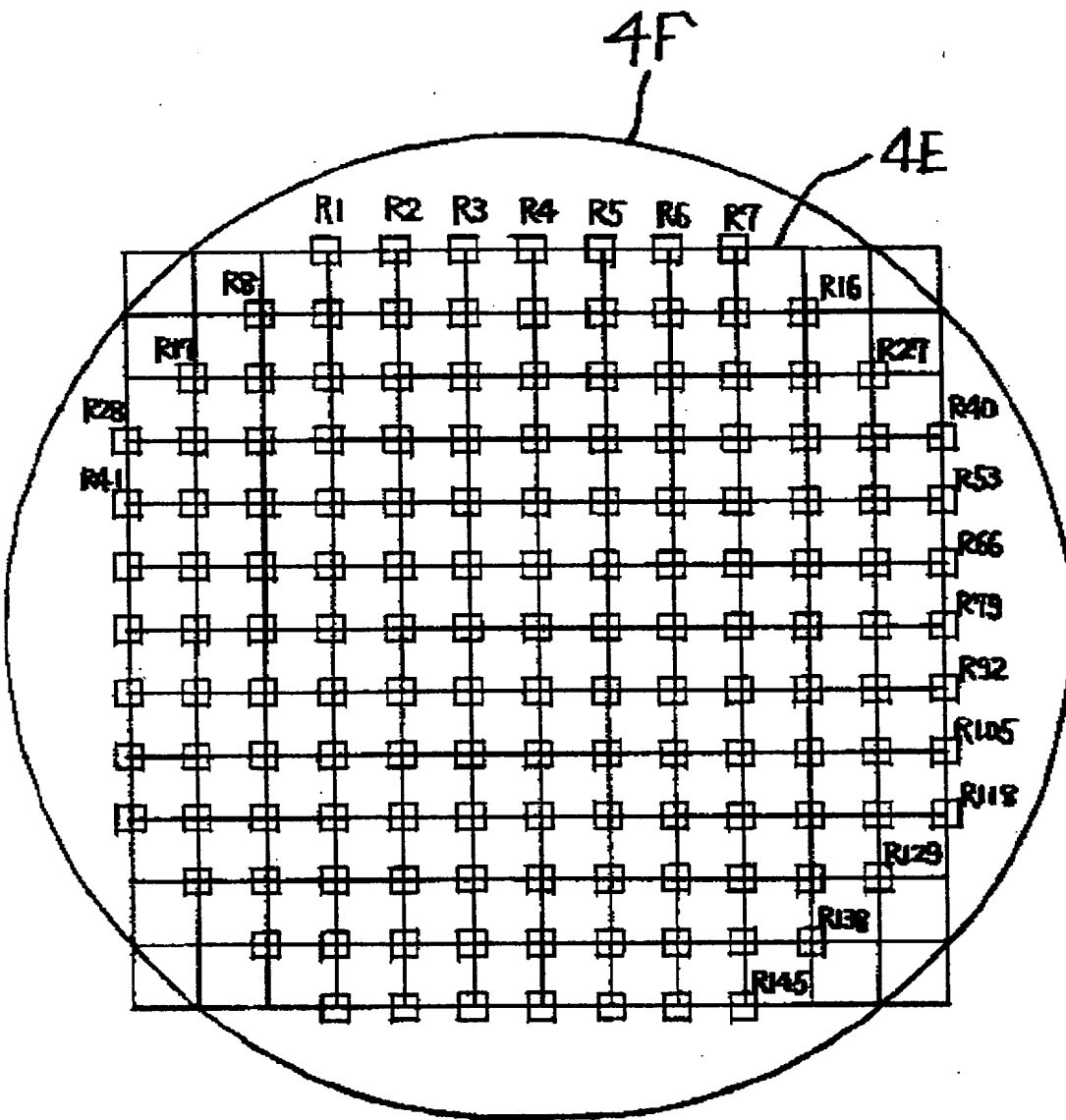
Drawing

【Figure 1】



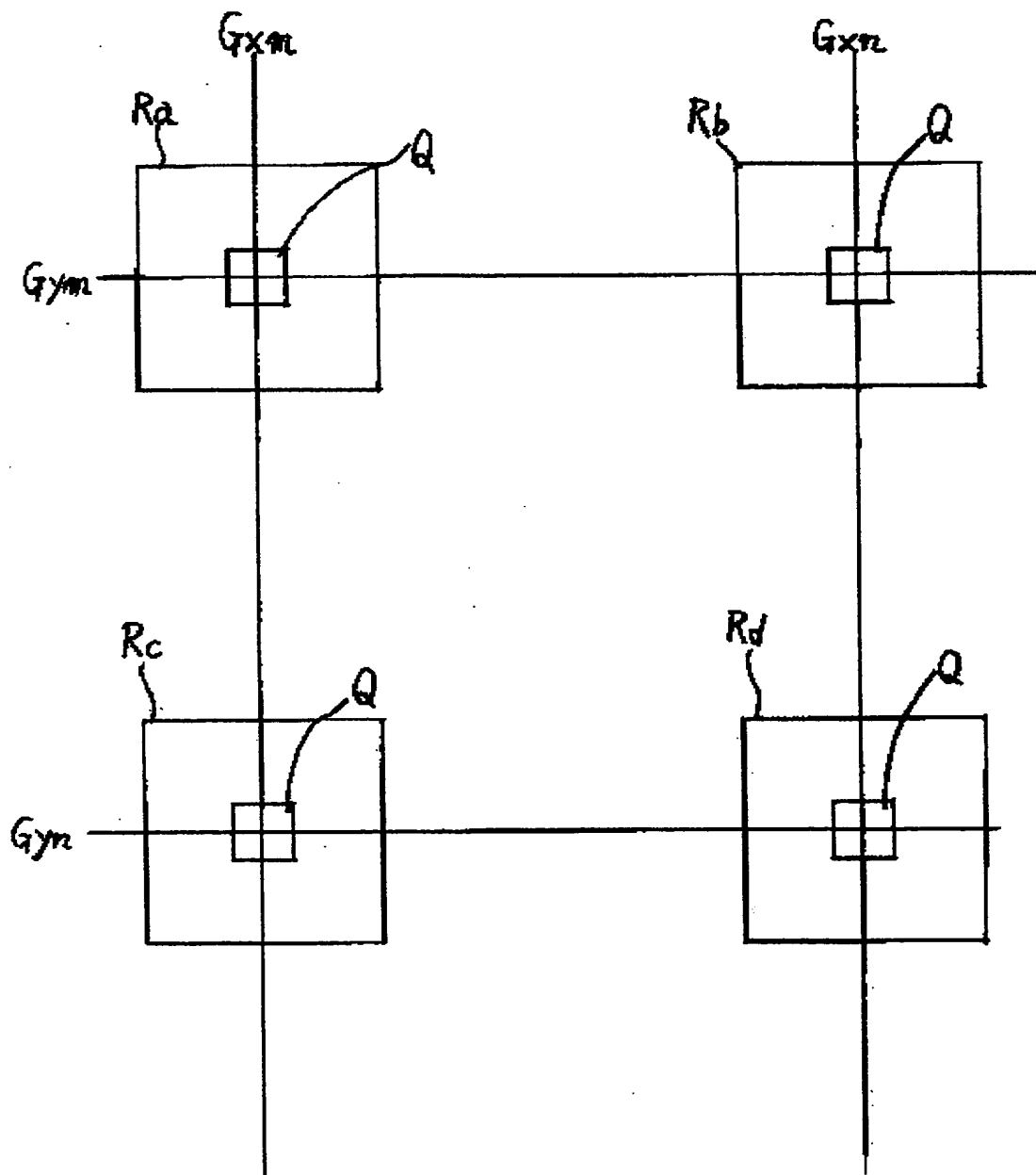


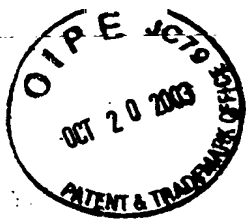
【Figure 2】



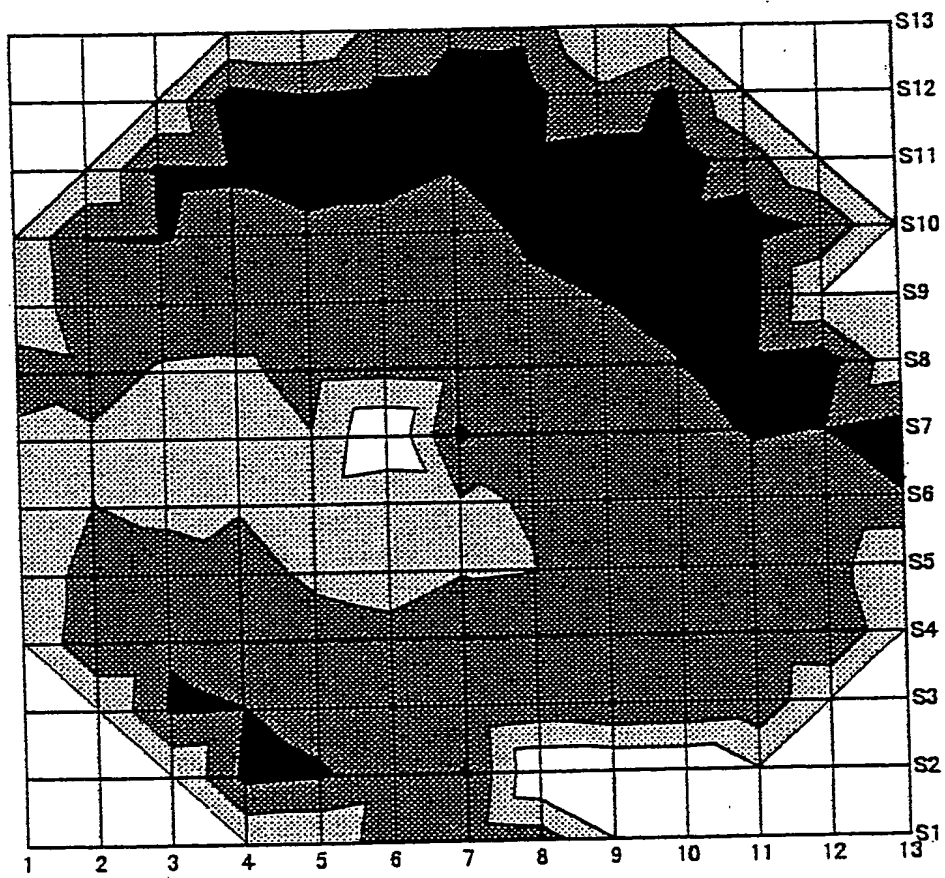


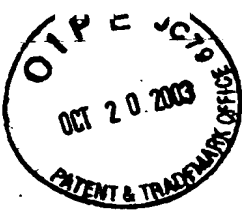
[Figure 3]





【Figure 4】





【NAME OF DOCUMENT】 Abstract

【SUMMARY】

【OBJECT】 There is disclosed a method of inspecting contact holes or via holes in a semiconductor device such that the state of the holes can be clearly grasped during the fabrication of the device.

【 CONFIGURATION 】 Plural small measurement regions Q are established on the whole sample surface such as a wafer surface. The measurement regions Q are successively irradiated with an electron beam. At this time, an absorption current flowing across the sample is detected and amplified by a current amplifier. A control unit stores data about the absorption current signal derived from the small regions Q in locations of a memory which are addressed corresponding to the positions of the small regions. The control unit reads data about absorption current intensity values from the memory and classify the intensity values into four intensity ranges, for example, to which different brightness intensities are assigned. The distribution of current values derived from the whole sample is displayed on the viewing screen of the display unit.

【SELECTED FIGURE】 Fig. 1

RECEIVED
OCT 23 2003
TECHNOLOGY CENTER 2800



Information Recognized or Added

Application Number Patent Application Serial No. 1999-340569
Receipt Number 59901168996
Name of Document Application for Patent
Person in charge fifth senior person in charge 0094
Date of drawing up December 2, 1999

<Information Recognized or Added>

【Date of production】 November 30, 1999

RECEIVED
OCT 23 2003
TECHNOLOGY CENTER 2000



INFORMATION OF APPLICANT'S PAST RECORD

Identification Number [000004271]

| | |
|-------------------------|--|
| 1. Date of Change | August 7, 1990 |
| [Reason for the change] | new registration |
| Address | 1-2, Musashino 3-chome, Akishima, Tokyo |
| Name | JEOL Ltd. |

RECEIVED
OCT 23 2003
TECHNOLOGY CENTER 2000

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 1 9 9 9 年 1 1 月 3 0 日
Date of Application:

出 願 番 号 平成 1 1 年 特 許 願 第 3 4 0 5 6 9 号
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 1 9 9 9 - 3 4 0 5 6 9]

出 願 人 日 本 電 子 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 1999-0153

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明者】

【住所又は居所】 東京都昭島市武蔵野三丁目 1 番 2 号 日本電子株式会社
内

【氏名】 石 本 透

【特許出願人】

【識別番号】 000004271

【氏名又は名称】 日本電子株式会社

【代表者】 江藤 輝一

【電話番号】 042-542-2165

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008280

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 多数のホールが形成された試料基板に荷電粒子ビームを照射し、荷電粒子ビームの照射によって得られた信号に基づいてホールの状態を検査する検査方法であって、試料基板上のホールを含む領域に荷電粒子ビームを照射し、その際に試料基板と接地間に流れる電流を検出する工程を試料基板上に予め設定された複数の領域について繰り返すことにより試料基板における電流分布データを得、得られた電流分布データに基づいて輝度に基づくマップを表示装置に表示するようにした荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法。

【請求項 2】 前記各領域は、その中に複数のホールが存在するように大きさ及び形状が選定されていることを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法。

【請求項 3】 前記荷電粒子ビームが照射される領域は、前記試料基板上に形成される周期的パターン内の特定位置に選定されることを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法。

【請求項 4】 前記荷電粒子ビームは前記各領域において各領域の全面にわたって走査されると共に、その走査期間の間前記電流が積算され、その積算値が各領域の測定値として採用されることを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法。

【請求項 5】 前記荷電粒子ビームは前記各領域において各領域の全面にわたって走査されると共に、その走査期間の間の前記電流の平均値が各領域の測定値として採用されることを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法。

【請求項 6】 前記荷電粒子ビームは前記各領域において所定期間位置を固定して各領域の全面にわたって照射されると共に、その所定期間の間前記電流が積算され、その積算値が各領域の測定値として採用されることを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法。

【請求項 7】 前記荷電粒子ビームは前記各領域において所定期間位置を固定し

て各領域の全面にわたって照射されると共に、その所定期間の間の前記電流の平均値が各領域の測定値として採用されることを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する分野】

本発明は、I C、L S I 等の半導体デバイスの製造プロセスで形成されるコンタクトホール或いはビアホールなどの製造状況を把握するための荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

半導体デバイスは、例えば、シリコン等のウエハ（シリコン基板）の上に多層構造が形成されている。この場合、特定の層の間には絶縁層が形成され、絶縁層に形成されたコンタクトホール或いはビアホールなどに配線（導電性材料）を埋め込むことによって特定層間の電氣的接続を行うようにしている。尚、以後コンタクトホールを例に上げて説明する。

【 0 0 0 3 】

この様なコンタクトホールは、半導体デバイスを製造する過程で、絶縁層にレジストを塗布し、その上にコンタクトホールのパターンを露光し、その後、現像処理、エッチング処理を施して形成される。

【 0 0 0 4 】

この様なコンタクトホールの形成において、正確に絶縁層を貫通してコンタクトホールが形成されなかったり、或いは、コンタクトホール中にレジストの残膜やエッチングされなかった絶縁膜の残膜等があると、最終的に製造された半導体デバイスは正常な動作をせず、欠陥品となる。

【 0 0 0 5 】

その為、コンタクトホールを形成した後、コンタクトホールの形状状態を検査することは、その後の製造プロセスを行うか否かの決定上重要となる。又、この検査によって得られたコンタクトホールの形成状態によって前の工程で行われた

現像処理若しくはエッチング処理の判断を行っている。一方、この検査によって得られたコンタクトホール形成状態によって、コンタクトホール形成プロセスの不良原因の解析を行うことも出来る。

【 0 0 0 6 】

さて、この様なコンタクトホール形成状態の検査は、例えば、走査型電子顕微鏡（S E M）の電子ビーム照射により非破壊で行われている。即ち、コンタクトホール上を電子ビームで走査し、該走査により検出された二次電子に基づいてコンタクトホールの二次電子像を表示装置の画面上に表示させ、該コンタクトホールの像を観察する事によりコンタクトホール形成状態の検査を行っている。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、最近、半導体デバイスを成す素子の微細化、多層化に伴うコンタクトホールの径の縮小、深さの増大によりコンタクトホールのアスペクト比（深さ／径）が増大し、ホール内部からの二次電子捕集効率が著しく低下している。その為、コンタクトホールの内部や底面の状態などを正確に把握することが困難になってきているばかりか、得られた二次電子がコンタクトホールの開口部からのものか、内部壁面からのものか、或いは底部からのものか分からず、コンタクトホール形成状態の検査に支障を来している。

【 0 0 0 8 】

又、1つのシリコンウエハ全面には極めて多数のコンタクトホールが存在し、1個1個のコンタクトホールを検査すると莫大な時間が掛かるので、実際には、ウエハ全面を適当に、例えば、7つの部分に仮想的に分け、各部分に存在する1個のコンタクトホールを代表させて検査している。しかし、この様な検査であると、検査したコンタクトホールの検査結果が該コンタクトホール近辺に存在する多数のコンタクトホールのエッチング状況や現像状況を代表しているかどうかは定かではない。又、この様に少数のコンタクトホールの検査による結果だけでは、前工程の現像処理若しくはエッチング処理の判断を適切に行うことは難しい。

【 0 0 0 9 】

本発明は、この様な問題点を解決するためになされたもので、コンタクトホー

ルの製造状況を把握することが出来る新規な荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

本発明に基づく荷電粒子ビームを用いたホールの検査方法は、多数のホールが形成された試料基板に荷電粒子ビームを照射し、荷電粒子ビームの照射によって得られた信号に基づいてホールの状態を検査する検査方法であって、試料基板上のホールを含む領域に荷電粒子ビームを照射し、その際に試料基板と接地間に流れる電流を検出する工程を試料基板上に予め設定された複数の領域について繰り返すことにより試料基板における電流分布データを得、得られた電流分布データに基づいて輝度に基づくマップを表示装置に表示するようにしたことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 1 2 】

先ず、本発明の原理について説明する。

【 0 0 1 3 】

本発明に係る半導体デバイスの検査方法においては、コンタクトホールが絶縁層を貫通してシリコンの如き半導体基板部に達しているか否か及び該コンタクトホールが所定の径を維持して基板に達しているか否かをコンタクトホールの底部をコンタクトホールの底部を通して基板部に流れる電流（吸収電流）をする。但し、吸収電流は基板に接続した導線からグラウンドに流れる電流を計っているので、他の信号、例えば、検出器に増倍作用のある二次電子の場合に比べ、吸収電流信号量は小さく、又、ノイズを拾い易く、レスポンスが悪い。一方、コンタクトホールは 1 個 1 個加工されるものではなく、半導体基板全体が一度にバッチ処理されるので、例えば、コンタクトホールを開けるためのプラズマエッチング装置のプラズマの強度分布やレジスト現像液の化学反応の基板面内における分布によって貫通の具合が左右される。従って、1 個 1 個のコンタクトホールではなく、

基板全体に亘るコンタクトホール形成状態を判断することは極めて意義のあることである。

【0014】

そこで、本発明では、多数のコンタクトホールが形成された半導体デバイス用基板において、コンタクトホールが存在する複数の小領域に荷電粒子ビームを順次照射し、その都度基板と接地間に流れる吸収電流を測定して、基板全体の吸収電流信号分布を得るようにした。これにより、基板全面に亘るコンタクトホールの形成状態を把握することができる。尚、小領域の中には複数のコンタクトホールが存在するように小領域の大きさ及び位置を選定する事が望ましい。この様に、複数（多数）のコンタクトホールを有する小領域に荷電粒子ビームを照射して吸収電流を測定すると、コンタクトホールが1つの場合に比べ、吸収電流信号量は大きくなり、ノイズや速度レスポンスの問題が緩和される。又、小領域に含まれるコンタクトホールが1つの場合には、その1つのコンタクトホールの形成状態が周囲の多くのコンタクトホールの状態と異なる特異的なものであった場合、その1つのコンタクトホールの測定結果で周囲の多数のコンタクトホールの形成状態を代表することは好ましくない。その点、小領域にコンタクトホールが複数有り、その複数のホールに亘って電子ビームを照射して得た結果は、平均的なものとなり、仮にその中に特異的なホールがあってもその影響を著しく緩和することが出来、その領域の周囲のコンタクトホールの形成状態を代表する測定結果としてより好ましいものがある。

【0015】

図1は本発明の半導体デバイスの検査方法を実施するための検査装置の1概略例を示したものである。

【0016】

図中1は電子銃で、該電子銃からの電子ビームはコンデンサレンズ2と対物レンズ3によりウエハ試料4上に適宜集束される。5X、5YはX方向、Y方向偏向コイルで、試料上を電子ビームで走査させるものである。前記ウエハ試料4はステージ駆動機構6により移動制御されるステージ7上に載置されている。8、9はそれぞれ前記コンデンサレンズ2、対物レンズ3の励磁強度をコントロール

する為のレンズ制御回路、10は前記偏向コイル5X、5Yに偏向信号を供給する偏向制御回路である。前記ステージ駆動機構6、レンズ制御回路8、9、偏向制御回路10にはそれぞれAD変換器11、12、13、14を介して各種指令と各種データ処理を行う制御装置15からステージ移動指令、レンズ制御指令、偏向制御指令が送られる。

【0017】

16は電流増幅器で、ウエハ試料4を流れる電流（吸収電流）を検出して増幅するものである。該電流増幅器からの出力はAD変換器17を介して前記制御装置15に送られる。18はメモリ、19は陰極線管の如き表示装置である。

先ず、ウエハ試料の表面の有効面（半導体チップが形成される面）4E全面における吸収電流測定領域を設定する。該設定は、例えば、第2図に示す様に、縦、横それぞれ等間隔に13本の格子線を直交させた格子をウエハ試料の表面に仮想的に掛け、各格子線の交点が測定領域とされる。各格子点の測定領域には常に同一個数、同一配列のコンタクトホールが存在することが望ましいので、各格子点がウエハ上に繰り返し並べて形成される同一パターン（チップパターン）内の同一部位（例えば、チップパターンの中心の矩形状領域）が来るように格子線の間隔及び位置が選定される。図2においては測定領域が設定されたチップパターンがR1、R2、R3、R4、R5、……、R145で示されている。そして、各設定され、実際に電子ビームが照射される領域は、図3に示す様に、電子ビームの偏向歪みが許容される走査幅（約1mm）を考慮して、1mm×1mm～0.1mm×0.1mmの小領域Qである。この小領域内には一定個数のコンタクトホールが形成されている。図3において、Gxm、Gxn、Gym、Gynは格子線、Ra、Rb、Rc、Rdは前記R1、R2、R3、R4、R5、……、R145に対応するチップパターン領域である。該各小領域Qへの電子ビーム照射は次の様に行われる。

【0018】

レンズ制御回路8からの励磁信号により、コンデンサレンズ2と対物レンズ3の励磁をコントロールして、試料上で電子ビームが細く絞られて照射されるように電子ビームの絞り具合を調整しておく。そして、各領域R1、R2、R3、R

4, R 5, …… , R 1 4 5 内の小領域 Q の中心が順次電子ビーム光軸中心（電子ビームの走査中心）上に来るように、ステージ駆動機構 6 によりステージを間欠的に移動させる。この時、各小領域 Q が電子ビーム光軸中心位置で停止している期間に、各小領域 Q が細く絞られた電子ビームで全面に亘って 1 回又は複数回走査されるようにする。尚、この例では、電子ビームを細く絞り、各小領域 Q 内を走査するようにしたが、電子ビームの断面の大きさをウエハ試料上の各小領域 Q の大きさに対応したものにして各小領域に所定時間（固定的に）照射するようにしたも良い。

【 0 0 1 9 】

この各小領域 Q が電子ビームで走査されている間、ウエハ試料 4 に流れる吸収電流は電流増幅器 1 6 にて増幅され、走査期間に亘って積分（積算）される。この様に検出された吸収電流（積分値）は、小領域 Q 内の複数のコンタクトホールの平均的な出来具合（形成状態）を表す情報を有している。

【 0 0 2 0 】

尚、コンタクトホール内にレジストが残ったり、エッチングされなかった絶縁膜が残ったりした時、これらに電子ビームが照射されてチャージアップの原因となるが、この様なチャージアップは吸収電流が検出不可能になるほどの影響を与えないが、他の原因でのチャージアップ（コンタクトホール以外の所に電子ビームが照射されることに依るチャージアップ）で吸収電流測定が不可能になったりすることがある。そこで、図示しなかったがこの装置には二次電子検出器が設けられており、試料 4 上に電子ビームを照射した時に試料 4 から発生する二次電子を二次電子検出器で検出し、該検出に基づいて二次電子像を表示装置（前記表示装置 1 5 であっても良いし、別に設けた表示装置でも良い）に表示させ、その像から試料の後者のチャージアップによる程度を見て電子ビーム照射電流値を決めるようにしている。この様にすれば、試料へのチャージアップが最小限に抑えられ、後述する表示装置 1 5 に表示される分布像などへのノイズが軽減される。

【 0 0 2 1 】

この様にして、各チップパターン R 1, R 2, R 3, R 4, R 5, …… , R 1 4 5 内の小領域 Q から得られた吸収電流信号は順次 A D 変換器 1 7 を介して制御

装置 1 5 に送られる。制御装置 1 5 は、各小領域 Q から得られた合計 1 4 5 個の吸収電流信号データを各小領域の座標（位置）と対応づけてメモリ 1 8 に記憶させる。

【 0 0 2 2 】

次に、該制御装置 1 5 は、メモリからウエハ試料全面に亘る 1 4 5 個の吸収電流強度値データを読み出し、該読み出したデータに基づいて表示装置 1 9 の表示画面に吸収電流マップを表示する。該マップ表示の例を説明すると、吸収電流強度を、例えば、4 つの強度範囲に分け、それぞれの範囲に 1 つのランクを与え、各ランクに対応した 4 種の輝度又は色を設定する。そして、表示画面に 1 3 本× 1 3 本の格子線から成る格子を表示し、各格子点位置に格子間隔を考慮した適宜な大きさのドットを表示する。このドットの輝度又は色を各格子点位置における吸収電流強度値データのランクに応じたもので表示すれば、ウエハ試料全面に亘る吸収電流分布が 1 4 5 個のドットにより表示されることになる。尚、各格子点の 1 4 5 ドットによる表示では表示される画質が粗いものとなることが避けられないが、補完法などを用いて 1 4 5 ドット間に表示点を増加させれば、よりきめの細かいマップを表示することが出来る。図 4 はこのデータを用い、補完法を用いて各格子点の間の多数の点のデータを求めて表示した例を示しており、ウエハ試料全体の吸収電流分布が 4 種類の輝度又は色により表示装置 1 9 の表示画面に表示されている。尚、この様な表示方法は等高線図表示方法と呼ばれている。

【 0 0 2 3 】

この様に、本発明では、ウエハ試料の有効面全体に亘り予め設定されたコンタクトホールが存在する複数の小領域に電子ビームを照射して吸収電流値を測定してウエハ試料全体の吸収電流分布を求めているので、ウエハ試料全体及び部分毎のコンタクトホールのエッチング状況若しくは現像状況などの製造状況の傾向が確実の判断できる。

【 0 0 2 4 】

又、ウエハ試料全体の吸収電流分布を等高線図的に表示することにより、試料ウエハの各部位の製造状況の傾向の違いなどが明確になり、前工程の現像処理若しくはエッチング処理の判断が適切に行うことが出来る。又、どこの部分のコン

タクトホールを不良解析すべきかの判断に役立つ。

【 0 0 2 5 】

尚、前記例では、格子線の交点にあるチップパターンの 1 つの小領域に電子ビーム照射して吸収電流を測定するようにしたが、複数の小領域に電子ビームを照射して吸収電流を測定するようにしても良い。

【 0 0 2 6 】

又、各小領域 Q を複数回走査した場合、各回で得られた積分値を平均したもの（平均値）をその小領域の測定値として採用しても良い。

【 0 0 2 7 】

又、前記例ではウエハ試料の表面の有効面における吸収電流測定個所を設定する際、縦、横それぞれ 1 3 本の格子線を直交させた格子をウエハ試料の表面に仮想的に掛けたが、格子線の数はこの数に限定されない。格子線を増やして測定領域の数を増やせば相対的にウエハ試料全体の吸収電流分布の精度が上がるが、その分測定回数が増え、これ以下に数を減らせば相対的に分布の精度が低下するが、その分測定回数が減る。

【 0 0 2 8 】

又、前記例では、各測定点の吸収電流の値に応じてランク分けし、ランクに応じた輝度又は色を与えて、ウエハ試料全体の吸収電流分布を表示させるようにしたが、全測定点のデータを元に各測定点の標準偏差を求め、この標準偏差の値に応じてランク分けを行い、ランクに応じた輝度又は色を与えて標準偏差による吸収電流分布を表示させるようにしても良い。

【 0 0 2 9 】

又、制御装置 1 5 に、予め前記ランク分けのための閾値とは別に閾値をセットしておき、該制御装置において、測定及び演算された吸収電流値の内、この閾値以下の値を異常電流値とし、前記表示装置 1 5 の表示画面に表示される輝度分布において、その異常部分だけ他の輝度の部分と識別できる形態（例えば、そこだけカラーで、或いはそこだけ点滅させる等して）で表示させる様にしても良い。一方、カラーマップ表示の場合には、他のカラーとは異なったカラーで表示させるようにしても良い。

又、異常部分だけ表示させないようにしても良い。尚、この際、各小領域に対して測定された吸収電流値の標準偏差を求めておき、標準偏差が前記閾値とは別に設定したい閾値を越えた吸収電流値を異常としても良い。

【 0 0 3 0 】

又、前記例では電子ビームを照射するようにしたが、イオンビームを照射するようにしても良い。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の半導体デバイスの検査方法を実施するための検査装置の概略例を示したものである。

【図 2】 ウエハ試料表面の有効面上の吸収電流測定領域を示している。

【図 3】 図 2 の一部拡大図である。

【図 4】 ウエハ試料全体の吸収電流分布を等高線図的に表示装置 1 9 の表示画面にグラフィック表示させたものである。

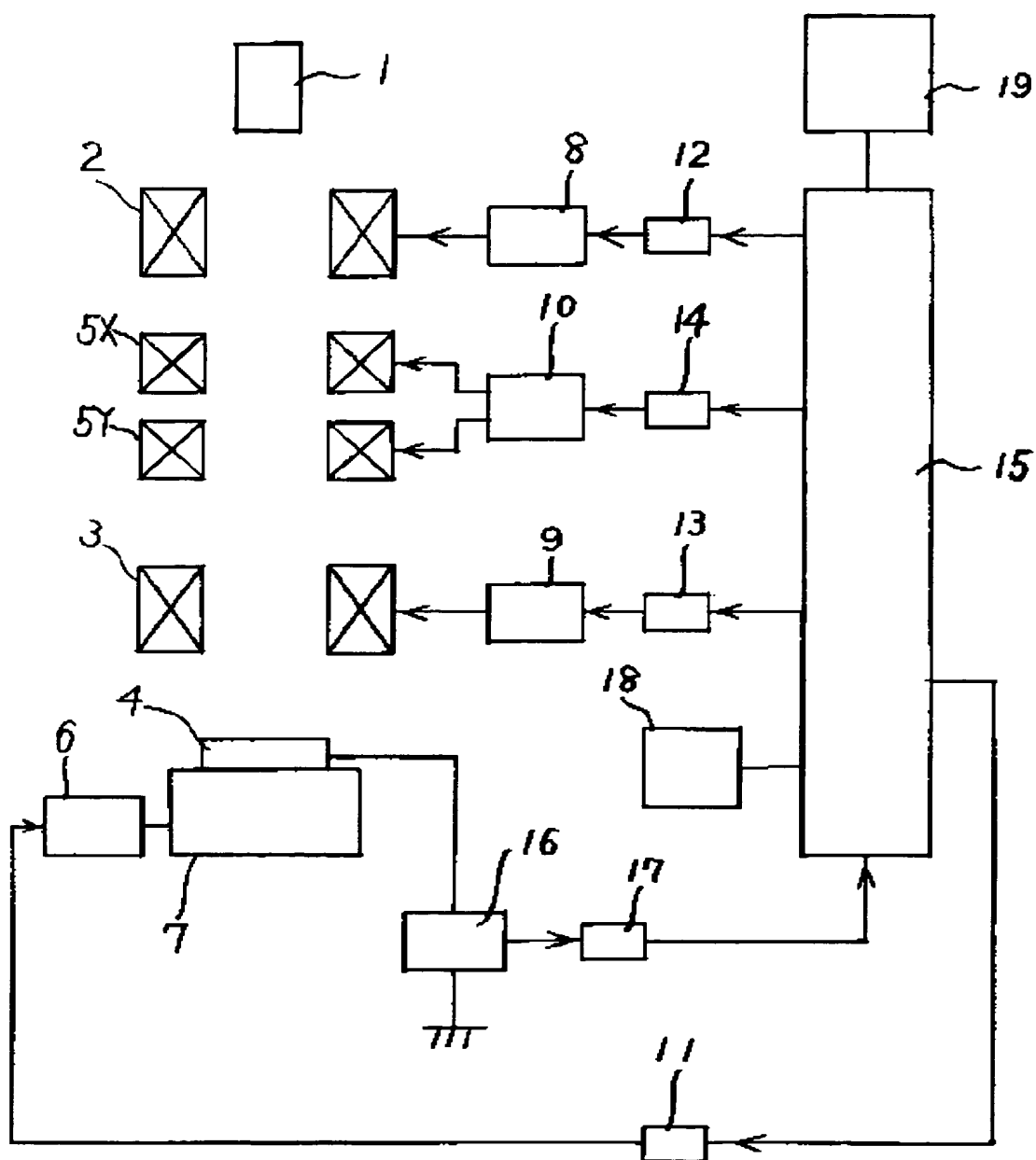
【符号の説明】

- 1 …電子銃
- 2 …コンデンサレンズ
- 3 …対物レンズ
- 4 …試料
- 5 X, 5 Y …偏向コイル
- 6 …ステージ駆動機構
- 7 …ステージ
- 8, 9 …レンズ制御回路
- 1 0 …偏向制御回路
- 1 1, 1 2, 1 3, 1 4 …D A 変換器
- 1 5 …制御装置
- 1 6 …電流増幅器
- 1 7 …A D 変換器
- 1 8 …メモリ
- 1 9 …陰極線管

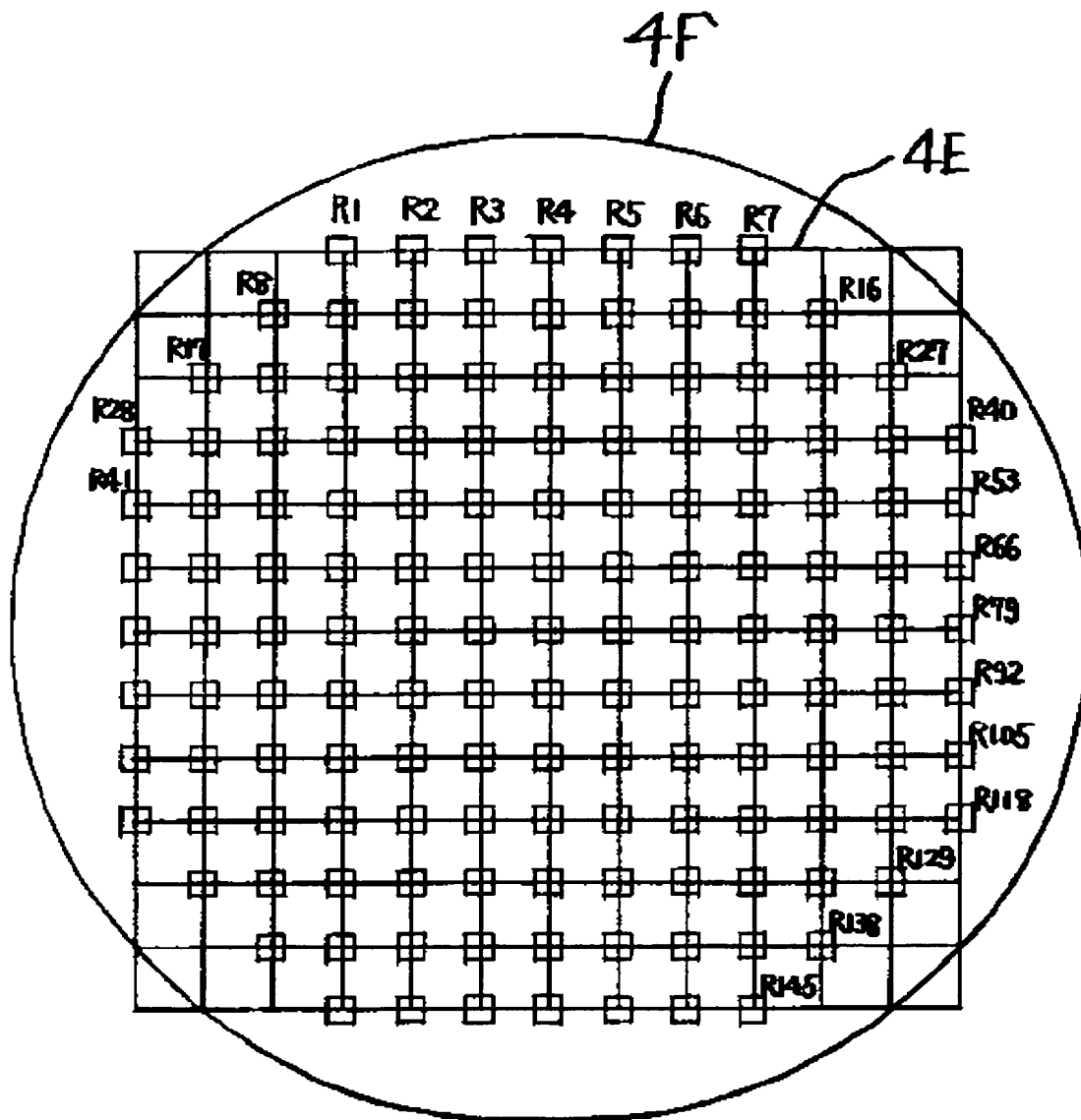
【書類名】

図面

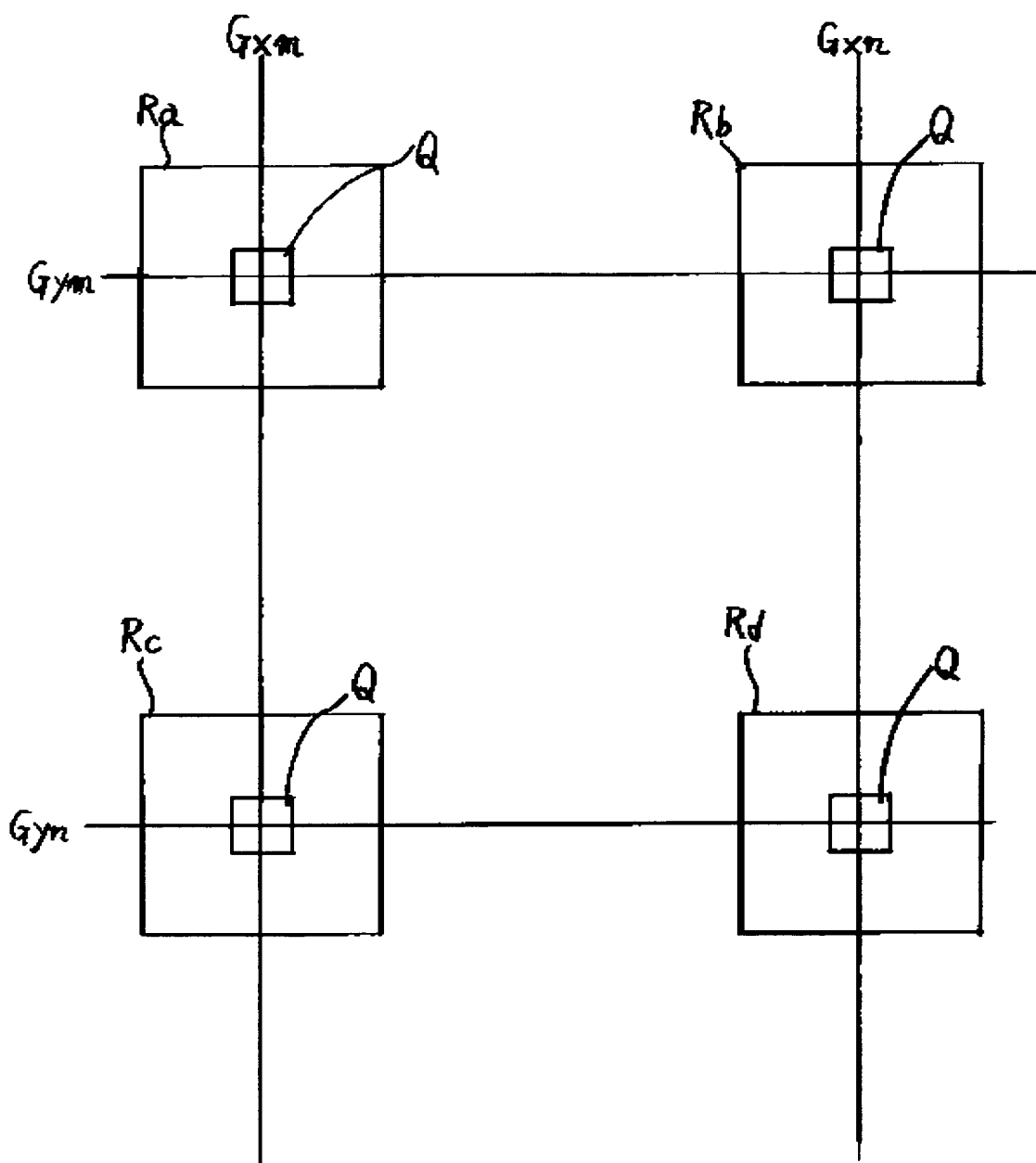
【図 1】



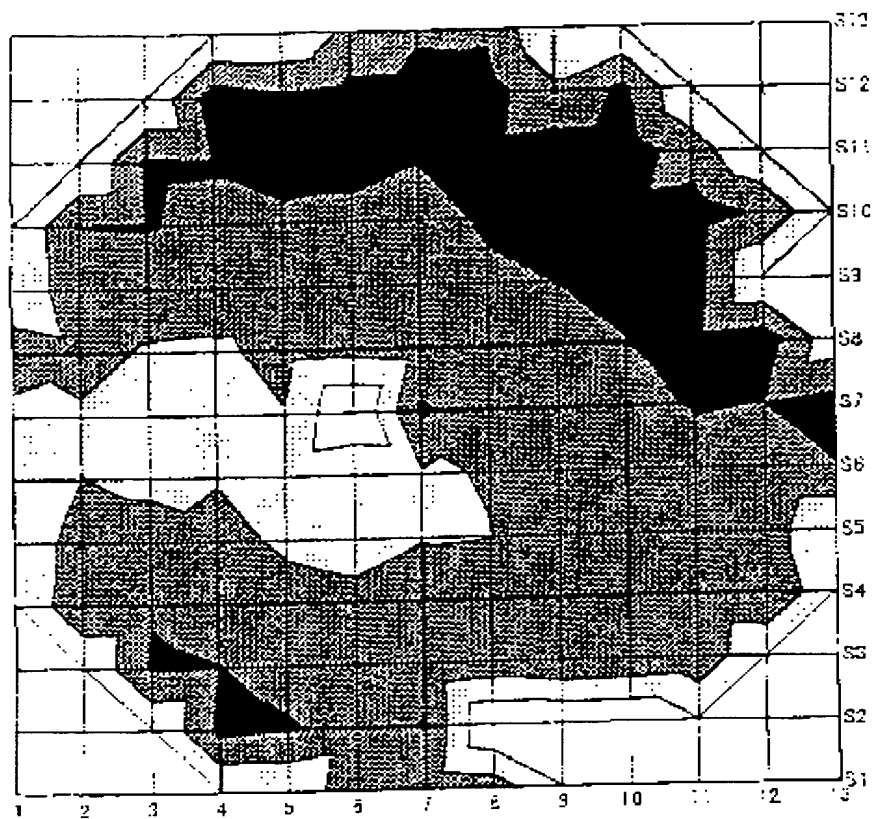
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コンタクトホール若しくはビアホールなどの製造状況の傾向を明確にする。

【解決手段】 ウエハ試料上全体に亘り予め設定された複数の小領域Qに順次電子ビームを照射し、各小領域Qの電子ビーム照射時、ウエハ試料4に流れる吸収電流を電流増幅器16にて検出して増幅する。制御装置15は、各小領域の吸収電流信号データをその小領域の位置と対応させてメモリ18に記憶させる。制御装置15は、メモリから吸収電流強度値データを読み出し、吸収電流強度を、例えば、4つの強度範囲に分け、それぞれの範囲に1つのランクを与え、各ランクに対応した輝度強度を与え、表示装置16の画面上にウエハ試料全体の吸収電流分布を表示させる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

| | |
|---------|------------------------------|
| 特許出願の番号 | 平成 1 1 年 特許願 第 3 4 0 5 6 9 号 |
| 受付番号 | 5 9 9 0 1 1 6 8 9 9 6 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第五担当上席 0 0 9 4 |
| 作成日 | 平成 1 1 年 1 2 月 2 日 |

< 認定情報・付加情報 >

| | |
|-------|-------------|
| 【提出日】 | 平成11年11月30日 |
|-------|-------------|

次頁無

特願平 1 1 - 3 4 0 5 6 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 7 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都昭島市武蔵野 3 丁目 1 番 2 号

氏 名

日本電子株式会社